

学校编码: 10384
学 号: 200428041

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于光学相干层析图像的眼底
黄斑部三维重建

3D Reconstruction of the Macula Lutea Based on Optical
Coherence Tomography Images

蔡 海 萍

指导教师姓名: 王博亮教授
专 业 名 称: 计算机系统结构
论文提交日期: 2007 年 4 月
论文答辩时间: 2007 年 5 月
学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____
评 阅 人: _____

2007 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

虚拟器官的建模与仿真是当前国际上生物医学工程领域研究的前沿课题。眼睛作为人体最重要的器官之一，其建模与仿真系统的实现具有十分重大的科学意义和实用价值。眼底对人的眼睛是非常重要的，其中黄斑的形态对临床眼科诊疗有着重要的意义。OCT是眼底检查最新的工具之一，OCT眼底图像取自于活体数据，据此建立的眼底黄斑三维形态模型对于虚拟眼在实际中的应用具有重要意义，同时也为实现三维OCT眼底临床诊断技术进行了前期探索。

根据 OCT 眼底黄斑部图像序列的特点，本文首先采用相应的算法对 OCT 眼底黄斑部图像进行分割、配准，并在配准后的图像上进行层间插值。在此基础上，建立了眼底黄斑三维形态模型；最后，以以上获得的结果为核心，开发了一个基于 PC 机和 Windows 平台的三维可视化演示系统。该系统提供图形用户界面，能够实现对显示三维物体进行旋转、缩放操作。

本文的研究工作内容和创新主要包括以下几点：

- 1、在分析了图像序列的特点的基础上提出了一种梯度结合形态学的分割方法，能从OCT眼底黄斑部图像序列中自动提取指定的区域，基本上不需要人工的交互操作，并具有较好的分割效果。
- 2、根据图像序列特点，使用一种基于亮度与对比度的算法来调整OCT图像间的亮度差异，并证明了它的有效性。
- 3、将基于最大互信息的配准算法应用于OCT眼底图像的配准中，以此保证配准的精确性，为提高效率，先使用最小均方误差准则进行粗略配准，并将Powell优化方法应用于配准过程中。
- 4、为了建立平滑的黄斑三维形态，同时兼顾临床应用的实时性，设计一种基于线性插值的片层间插值算法来进行OCT图像片层间插值，并在分割配准后的数据及片层间插值所得数据的基础上建立了眼底黄斑部的三维形态模型。

关键词：形态建模；OCT 图像；黄斑

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The modeling and simulation of virtual organ is one of the frontier research areas. As one of the most important organs of human, eye should be modeled and simulated factitiously. Fundus is one of the most important parts in eyeball, especial macula lutea, whose characteristics are of great significance to diagnosis and cure of eyes' diseases. OCT image is taken from the data of live human eyes, so the macula 3D Model based on these OCT images lays a great important role in applying dummy eyes practically, and also is the primary research for 3D OCT fundus diagnosis technology.

According to the characteristics of OCT macula images, we studied some algorithms for segmentation of OCT macula images, and abstracted the region of interest from the images. Then, image sequence was registered and an interpolation algorithm was designed to get intermediate images. Finally, a 3D visualization human macula model was reconstructed. In the end, a 3D visualization demo system was developed based on personal computer and Windows operation system. This demo system provided a graphics user interface to rotate, scale the 3D objects.

In this thesis, some innovations had been done in the following aspects:

- 1、A segmentation method of mathematic morphology combining with grads was presented, which was used to segmentation the regions of interest from the image sequence.
- 2、According to the characteristics of OCT macula images, a method based on luminance and contrast was presented to adjust the bright difference between images, and the availability was approved.
- 3、OCT macula images were registered in a method based on maximization of mutual information. For efficiency purpose, an coarse registration using minimum mean square error standard was applied first, and Powell, a optimization algorithms, had been applied to register the images.
- 4、An interpolation arithmetic based on linear interpolation was designed to get intermediate images; a 3D macula model was reconstructed based on these intermediate images and the origin images registered.

Key words: Morphological Modeling; Optical Coherence Tomography Image; Macula Lutea

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 虚拟人研究	1
1.2 虚拟器官研究现状	2
1.3 课题的研究背景和意义	2
1.4 本课题的研究工作及创新之处	4
1.5 本文的组织架构	5
第二章 数据的获取和处理流程	7
2.1 OCT 简介	7
2.2 OCT 成像原理	8
2.3 黄斑简介	9
2.4 数据处理流程	10
第三章 OCT 眼底黄斑部图像的分割及亮度归一化	13
3.1 图像分割算法综述	13
3.1.1 常见的基于边界的分割算法	13
3.1.2 常见的基于区域的分割算法	16
3.1.3 形态学方法	18
3.2 OCT 黄斑图像的分割	19
3.2.1 OCT 黄斑图像特征分析	20
3.2.2 OCT 黄斑图像上表面的分割	20
3.2.3 OCT 黄斑图像下表面的分割	22
3.3 OCT 黄斑图像的亮度归一化	22
3.4 本章小结	26
第四章 OCT 眼底黄斑部图像的配准	27
4.1 图像配准简介	27
4.1.1 常见的图像配准方法	27
4.1.2 最大互信息法	29
4.1.3 刚体变换	31
4.2 OCT 黄斑图像的配准方法	33
4.2.1 OCT 黄斑图像的粗略配准	33
4.2.2 OCT 黄斑图像的精确配准	34
4.3 Powell 优化算法	35
4.4 OCT 黄斑图像的配准结果	36
4.5 本章小结	37
第五章 OCT 眼底黄斑部图像序列的三维重建	39

5.1 三维重建概述	39
5.1.1 表面绘制法	39
5.1.2 体绘制法	40
5.2 VTK 简介	43
5.3 OCT 图像的层间插值	44
5.3.1 线性插值算法	45
5.3.2 基于线性插值的片层间插值算法	46
5.4 OCT 黄斑图像序列的体数据构建和绘制	49
5.5 本章小结	51
结束语	53
[参考文献]	55
致 谢	57
硕士期间发表论文及参与科研项目	59

Catalogue

Chapter1 Exordium	1
1.1 Virtual Human	1
1.2 Virtual Human Organ	2
1.3 Status and Signification of Project	2
1.4 Research and Innovations	4
1.5 Structure of Thesis	5
Chpater2 Creation of OCT images and Data Procession Flow	7
2.1 Optical Coherence Tomography	7
2.2 Principle of OCT	8
2.3 Introduce of Macula Lutea	9
2.4 Data Procession Flow	10
Chpater3 Segmentation of OCT Macula Images and Brightness Normalization	13
3.1 Introduction of Segmentation	13
3.1.1 General Edge Based Segmentation Algorithms	13
3.1.2 General Region Based Segmentation Algorithms	16
3.1.3 Mathematic Morphology	18
3.2 Segmentation of OCT Macula Images	19
3.2.1 Features of OCT Macula Images	20
3.2.2 Segmentation of Upper Side	20
3.2.3 Segmentation of Lower Side	22
3.3 Brightness Normalization of OCT Macula Images	22
3.4 Summary of This Chapter	26
Chpater4 Registration of OCT Macula Images	27
4.1 General Method of Registration	27
4.1.1 General Method of Registration	27
4.1.2 Maximization of Mutual Information Registration	29
4.1.3 Rigid Body Transform	31
4.2 Registration Method of OCT Macula Images	33
4.2.1 Coarse Registration	33
4.2.2 Exact Registration	34
4.3 Powell Optimization Algorithm	35
4.4 Result of Registration	36

4.5 Summary of This Chapter.....	37
Chapter5 3D Reconstruction of OCT Macula Images.....	39
5.1 Introduction of 3D Reconstruction.....	39
5.1.1 Surface Rendering.....	39
5.1.2 Volume Rendering.....	40
5.2 Visualization Toolkit.....	43
5.3 Image Interpolation of OCT Macula Images.....	44
5.3.1 Linear Interpolation Arithmetic.....	45
5.3.2 Intermediate Interpolation arithmetic based on Linear Interpolation Arithmetic	46
5.4 Creation and Rendering of OCT Macula Images' Volume Data.....	49
5.5 Summary of This Chapter.....	51
Conclusion and Prospect	53
[Bibliography]	55
Acknowledgements	57
Publications and Projects	59

第一章 绪论

以人类基因组计划的完成为标志，医学生物学正处于以信息化为主要特征的时期。从基因构成到蛋白质的三维结构，再到细胞、组织以及器官的形态与功能，对人体信息的完整描述已经提到科学研究日程上来了。利用信息技术实现人体从微观到宏观的结构和技能的数字化、可视化，最终达到人体的精确模拟，将对医学生物学及其人体相关学科的发展起到难以估计的影响。如果说20世纪是物理世纪的话，21世纪被认为是生物世纪，以人体科学为中心的科学技术将以前所未有的速度发展。传统上医药学研究依赖于大量动物和人体实验的做法将在很大程度上由计算机模拟所取代。从这个方面来看，人体的数字化模型至关重要。

1.1 虚拟人研究

数字化虚拟人相关技术是当前生物医学工程研究的热点领域之一。1986年，美国国家医学图书馆（National Library of Medicine）首次提出了可视人计划（Visible Human Project）^[1]，并于2000年8月获得了容量在200GB 以上的超高分辨率数据集。这样庞大的数据集在人类医学史上是首创，它改变了医学可视化的模式，为虚拟世界进入现实医学敞开了大门。为了进一步完善和接近真正的人体实况，美国正在建造第二代有物理性能的虚拟人体和第三代有生理功能的虚拟人体。与此同时，世界范围从事相关研究的科学家越来越多。韩国于2000 年启动了为期五年的可视韩国人计划，建立具有东方人种特征的数据集VKH。此外，德国、法国、英国和日本等国家的许多科学家也一直从事着虚拟人的相关研究。

2001年11月第174次香山科学会议之后，中国数字化虚拟人研究被列入国家高技术研究发展计划“863”项目。中国成为继美国、韩国后第三个拥有本国虚拟人数据库的国家。“虚拟中国人”（Virtual Chinese Human, VCH），是将临床应用解剖学与计算机图像技术相结合，以标准中国人体切片标本为来源，在计算机上进行三维重建的数据集。该数据集将包含有骨骼、肌肉、组织、器官以及血管等全部数字化的人体三

维模型，可为医学以及多学科的研究与应用提供基础技术平台。中国首例女性虚拟人数据集于2003年2月18日在广州第一军医大学构建成功。目前，首例女性虚拟人数据集已经提供国内有关研究单位应用。

1.2 虚拟器官研究现状

在这个“虚拟人”研究的热潮中，虚拟器官的建模与仿真是当前国际上研究的前沿课题。国际上虚拟器官相关的研究开展得比较早，涉及的器官种类也比较多。其中比较新的有德国汉堡大学开发的虚拟肝脏模型^[2]，它综合考虑了肝脏的形态和物理特性，可用于模拟手术和手术计划；澳大利亚西澳大利亚大学构造的虚拟腹部模型^[3]，模拟了整个腹腔壁及其内部各个重要脏器的形态、物理属性和它们之间的相互关系，以及它们在受到外力作用条件下的形变特性，主要目的是用于模拟汽车撞击实验条件下的腹部脏器受冲击效果；美国威克森林大学研究的虚拟结肠模型^[4]，基于该模型可以实现模拟结肠内窥镜；日本名古屋大学设计的虚拟胃模型^[5]，除了考虑胃器官的形态之外重点考虑了胃组织的形变和粘弹性特性，主要用于研究胃的延展形态等相关问题；美国爱荷华大学提出的虚拟肺的计算解剖模型^[6]等等。

国内也有部分专家从事这方面的研究，如浙江大学已故的吕维雪教授关于虚拟心脏的研究^[7]，清华大学白净教授关于心血管系统^[8]和循环呼吸系统的建模与仿真研究^[9]，各种虚拟器官如虚拟心脏、虚拟脑等的研究工作都有报道。虚拟现实技术在医学上的应用包括绘制出准确的解剖和功能图像，提高诊断水平、制定精确的治疗计划并进行预演以及教学和训练。

1.3 课题的研究背景和意义

在人体众多器官当中，眼睛是最重要的感觉器官之一，健康人有80%左右的信息量是通过眼睛获取。因此，眼的健康对于人们的生活质量是至关重要的。与此同时，由于眼部结构十分精密复杂且比较脆弱，导致眼部相关疾病的种类很多。虽然绝大部分不会致命，但是会严重影响患者的工作和生活。因此我们认为，构造能够用于眼科

相关教学、科研和临床诊断、治疗的虚拟人眼具有很高的社会价值。

而眼底又是眼球非常重要的一个部分，如果把眼睛比作一架照相机，眼底就是我们眼睛里面相当于照相机胶片的结构。黄斑是指视网膜的黄斑部，是视觉系统发育最精细的部分，也是视功能最敏锐之处。眼底检查能及早准确地发现各种眼部病变(黄斑病变、网脱)，以便进行及时有效的治疗。除此之外，临床上有相当多的全身性疾病是经眼底检查首先发现的，有人把眼底称之为机体健康状况的窗口，因为在我们的身体上，除此以外没有一个器官或组织能够如此方便的直接看到血管和神经组织。人体许多疾病都可以在眼底上反映出来，如血管疾病(高血压、动脉硬化、冠心病等)，血液系统疾病(如各种贫血、白血病等)，颅内病变(肿瘤、脑脓肿等)，内分泌疾病(如糖尿病)，传染疾病(如脑膜炎)，泌尿系统疾病(如急、慢性肾炎、尿毒症等)，外科疾病(如颅底骨折)，妇产科疾病(妊娠子痫)，眼科方面的疾病(如玻璃体混浊、出血，视网膜炎、视乳头炎及脉络膜炎等)，都可以通过检查眼底，对诊断治疗及预后的估计，提供有力的帮助。所以，不但许多眼科疾病要查眼底，而且其他许多科的疾病也往往请眼科医生会诊，就是这个道理。因此眼底检查对人体的健康非常重要。

在眼科检查中，经常要借助仪器检查眼球是否出现异常。其中光学相干层析技术(Optical Coherence Tomography, OCT)是近十年迅速发展起来的一种成像技术，它利用弱相干光干涉仪的基本原理，检测生物组织不同深度层面对入射弱相干光的背向反射或几次散射信号，通过扫描，可得到生物组织结构图像。

眼底检查时，医生通常仔细观察 OCT 图片序列判断病人眼底是否有发生病变，继而拟定出治疗计划。但二维图片序列的缺点是无法直观看到前后两片间的关系，换句话说医生无法直接获取 Z 轴上的信息。而三维 OCT 临床诊断技术能直接观察三维形态，全方位三维的信息能帮助医生更直接地发现病变位置、病变性质等重要信息。因此三维 OCT 临床诊断技术将是对临床检查治疗技术的有益补充，将图片序列重建成三维形态则是该技术的核心部分。另外，用于临床的三维重建技术中比较成熟的是眼底超声图像的三维重建在眼科检查中的应用^[10]，OCT 的无害性和高质量无疑使它具有更大的临床应用优势。近年来，国内外医院陆续引入 OCT 机辅助诊疗，但从计算机处理方面

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库